

BEST AVAILABLE COPY

10 FEB 2003

24 JUN 2003

PCT/CN02/00886

证 明

RECD 19 FEB 2003

WIPO

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日: 2001 12 25

申 请 号: 01 1 30146.5

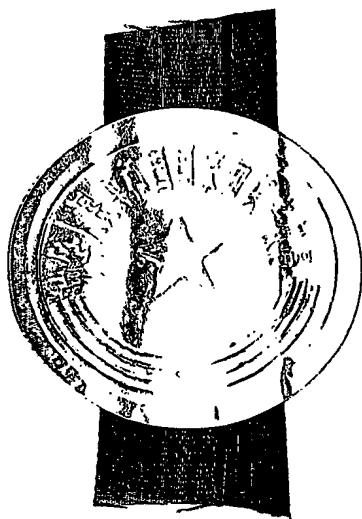
申 请 类 别: 发明

发明创造名称: 并联逆变器系统

申 请 人: 深圳安圣电气有限公司

发明人或设计人: 凌晓军

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王景川

2003 年 1 月 21 日

权 利 要 求 书

1、一种包含若干个逆变器的并联逆变器系统，

所述若干个逆变器中的每一个逆变器包括：产生同步信号以保证各可并联逆变器中电压给定信号同步的同步单元，用于产生指定频率、相位和幅值的正弦电压的电压给定发生器，用于调节逆变输出电压的电压调节单元，以及用于将直流电源转换为交流电源输出的功率放大单元，

其特征在于，在每一个逆变器的电压调节单元中，包括电压调节器电路和电压线性组合电路，所述电压线性组合电路将所有电压调节器的输出电压进行线性组合后再输出到所述功率放大单元。

2、根据权利要求1所述的并联逆变器系统，其特征在于，所述同步单元为同步方波发生器，所述同步方波发生器中，由振荡器产生精确的高频振荡信号，输出到分频器处理成工频方波，再经OC门和故障屏蔽开关(K2)输出，所述OC门将各个分频器的输出线和后作为同步方波输出到所述电压给定发生器。

3、根据权利要求1所述的并联逆变器系统，其特征在于，所述电压给定发生器中，由电压有效值给定电路输入需要的电压有效值，经有效值调节电路后输出到正弦波发生器；鉴相器接收由同步方波发生器所输出的同步方波，并与所述正弦波发生器组成一个锁相环；所述正弦波发生器的输出端经输出阻抗电路和故障屏蔽开关(K3)后连接到电压调节单元，所述输出阻抗电路可将各个正弦波发生器的输出进行线性组合后作为所述电压调节单元的电压给定。

4、根据权利要求 1 所述的并联逆变器系统，其特征在于，所述功率放大单元包括依次连接的 SPWM 发生器、驱动电路、功率开关管及滤波器；所述 SPWM 发生器产生的高频 SPWM 波经所述驱动电路后用于驱动所述功率开关管，所述功率开关管交替开关，把直流电变换成放大的 SPWM 波，并由所述滤波器去除载波后得到正弦交流电源。

5、根据权利要求 1 所述的并联逆变器系统，其特征在于，所述电压调节单元中，所述电压调节器可以是 P 调节、PI 调节、或 PID 调节；所述电压线性组合电路由输出阻抗和故障屏蔽开关（K4）组成。

6、根据权利要求 1 所述的并联逆变器系统，其特征在于，所述电压调节单元中还包括饱和抑制电路，所述饱和抑制电路通过检测电压调节器的输出电压与并联逆变器系统的输出线性组合值之差，再反馈给电压调节器。

7、根据权利要求 1-6 中任一项所述的并联逆变器系统，其特征在于，在所述电压调节单元与功率放大单元之间，还连接有助于调节逆变输出电压失真度、并实现各个逆变器均分负载的电流调节单元。

8、根据权利要求 1-6 中任一项所述的并联逆变器系统，其特征在于，由所述各个电压调节器输出的电压 $V_{PI}(j)$ 与由所述电压线性组合电路进行线性组合后输出的电压 V_{PI_out} 之间的关系为：

$$V_{PI_out} = \sum_{j=1}^N K(j) \cdot V_{PI}(j), \quad \text{其中 } K(j) \text{ 是权数, } \sum_{j=1}^N K(j) = 1.$$

9、根据权利要求 1-6 中任一项所述的并联逆变器系统，其特征在于，由所述各个电压调节器输出的电压 $V_{PI}(j)$ 与由所述电压线性组合电路进行平均后输出的电压 V_{PI_out} 之间的关系为： $V_{PI_out} = \sum_{j=1}^N V_{PI}(j) \div N$ ，其中 N 为并联逆变器数。

说明书

并联逆变器系统

技术领域

本发明涉及电源技术，具体涉及一种通过较小功率逆变器并联实现大功率逆变器的并联逆变器系统。

背景技术

为实现较大功率逆变器，可将多个小功率逆变器并联。要想将多个逆变器组成并联的逆变器，需要解决的主要问题是减小模块间的环流，不仅要实现带载能力的整数倍递增，而且还要实现均分负载，使得所有逆变器理论上具有相同的 MTBF（平均无故障时间），将并联系统的 MTBF 最大化。为了实现这一目的，现有技术中有以下几种方案。

方案一、为了将多个逆变器并联，最初采用的是主从控制办法，即用一个控制单元控制所有的功率模块，所有功率模块采用同一 SPWM（正弦脉宽调制）驱动信号驱动，以获得较一致的输出，其控制框图如图 1 所示，该控制方案有效解决了输出电压的同步问题，加入调节母线电压的办法可实现较高精度的均流。但缺点在于控制单元为集中形式，控制单元出现故障会导致整个系统瘫痪，所以存在故障瓶颈，系统并联后的 MTBF 提高程度很小。

方案二、为了克服方案一的缺点，可在每个逆变器均装有控制单元，通过智能选择的办法，在任一时刻只接通一个控制单元，若该控制单元出

故障，系统会自动跳转至其它某一个控制单元。方案二解决了控制单元的故障瓶颈问题，但增加了系统的复杂性及成本；并且，驱动波的切换在技术上也是危险的，很可能引起功率管的损坏；控制单元转换时某种程度上会引起输出电压幅值或相位的跳变，降低了输出电压的纯净度；同时由于控制电路带载能力有限，只能实现少数功率模块的并联。另外，该方案由于需要集中控制开关的切换，必须附加一个逻辑控制单元，不仅额外增加了成本，还增加了新的故障瓶颈。

方案三、为了减少主控制单元的故障率及避免驱动波切换带来的危险，并联点可以前移，改进后的并联逆变器的控制框图如图 2 所示，该方案把并联点前移至电压调节输出点，在任一时刻，选择开关 $K1 \sim Kn$ 只开通一个，即只选择其中一个电压调节环来工作，其它电压环处于热备份状态。

方案三与方案二相比，不仅克服了控制单元的故障瓶颈问题，也解决了驱动波切换的危险性，同时由于公共单元较少，可靠性也有所增强。但系统切换的复杂性仍然存在；转换时某种程度上也会引起输出电压幅值或相位的跳变；控制电路带载能力也没有改善，只能实现少数功率模块的并联，在本质上还是集中控制。该方案也不能克服集中控制开关的切换问题，必须附加一个逻辑控制单元，额外增加了成本，增加了新的故障瓶颈。而且，由于热插拔的要求，使用者很可能拔下正作为主模块的逆变器，这样，主从切换引起的问题就更加突出。

发明内容

本发明要解决的技术问题在于，针对现有技术的上述缺陷，对并联逆



变器的电路进行改进，提供一种性能更优越的并联逆变器系统。

本发明可通过以下技术方案实现，构造一种包含若干个可并联逆变器的逆变器系统，

所述若干个逆变器中的每一个逆变器包括：产生同步信号以保证各可并联逆变器中电压给定信号同步的同步单元，用于产生指定频率、相位和幅值的正弦电压的电压给定发生器，用于调节逆变输出电压的电压调节单元，以及用于将直流电源转换为交流电源输出的功率放大单元，

其特征在于，在每一个逆变器的电压调节单元中，包括电压调节器电路和电压线性组合电路，所述电压线性组合电路将所有电压调节器的输出电压进行线性组合后再输出到所述功率放大单元。

根据本发明所述的并联逆变器系统，所述同步单元为同步方波发生器，在所述同步方波发生器中，由振荡器产生精确的高频振荡信号，输出到分频器处理成工频方波，再经 OC 门和故障屏蔽开关 K2 输出，所述 OC 门将各个分频器的输出线与后作为同步方波输出到所述电压给定发生器。

根据本发明所述的并联逆变器系统，所述电压给定发生器中，由电压有效值给定电路输入需要的电压有效值，经有效值调节电路后输出到正弦波发生器；鉴相器接收由同步方波发生器所输出的同步方波，并与所述正弦波发生器组成一个锁相环；所述正弦波发生器的输出端经输出阻抗电路和故障屏蔽开关 K3 后连接到电压调节单元，所述输出阻抗电路可将各个正弦波发生器的输出进行线性组合后作为所述电压调节单元的电压给定。

根据本发明所述的并联逆变器系统，所述功率放大单元包括依次连接的 SPWM 发生器、驱动电路、功率开关管及滤波器；所述 SPWM 发生器产生

的高频 SPWM 波经所述驱动电路放大后用于驱动所述功率开关管，所述功率开关管交替开关，把直流电变换成放大的 SPWM 波，并由所述滤波器去除载波后得到放大的正弦电源。

根据本发明所述的并联逆变器系统，在所述电压调节单元与功率放大单元之间，还可连接用于调节逆变输出电压失真度、并实现各个逆变器均分负载的电流调节单元。

根据本发明所述的并联逆变器系统，所述电压线性组合电路将所有电压调节器的输出电压进行平均后再输出到所述功率放大单元。

从上述方案中可以看出，本发明的并联逆变器系统在理论上可以实现任意多的逆变器并联；没有集中逻辑控制单元，不存在故障瓶颈问题；没有公共部分，所有并联模块作用完全相同，对等并联；没有选择开关，不存在故障时的控制切换问题。

下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明。

附图说明

图 1 是现有技术中对并联逆变器进行集中控制时的控制框图；

图 2 是现有技术中改进后的并联逆变器集中控制框图；

图 3 是本发明中并联逆变器系统的原理框图；

图 4 是本发明中同步方波发生器的原理框图；

图 5 是本发明中给定电压发生器的原理框图；

图 6 是本发明中电压调节单元的原理框图；

图 7 是本发明实施例中电压调节器及电压线性组合电路的电路图；

图 8 是本发明一个实施例中两个电压线性组合电路的输出阻抗相等时的示意图；

图 9 是本发明另一实施例中两个电压线性组合电路的输出阻抗不相等时的示意图；

图 10 是本发明实施例中电流调节单元的电路图；

图 11 是本发明实施例中有效值调节电路的电路图。

具体实施方式

如图 3 所示是实现本发明并联逆变器系统的一个原理框图，从图中可以看出，该并联逆变器系统中有 n 个逆变器并联，每一个逆变器中包括依次连接的同步方波发生器、电压给定发生器、电压调节单元、电流调节单元、以及功率放大单元。另外还设有电压反馈电路在逆变输出端进行电压采样后反馈到电压给定发生器和电压调节单元，并设有电流反馈电路功率放大单元的输出端进行电流采样后反馈回电流调节单元。

与现有技术的方案三相比，本发明主要改进点在于电流给定不再是多选一方式，而是将所有电压调节单元中电压调节器的输出进行线性组合后作为电流给定，把原来的不对等并联方案变为对等并联。同时，将所有同步方波发生器的输出方波进行线与后作为电压给定发生器的同步方波输入，将所有电压给定发生器输出的正弦波进行线性组合后作为电压调节单元的电压给定。

下面分别介绍各部分功能。

1、同步方波发生器

在图 3 所示的原理框图中，同步单元采用了同步方波发生器，其原理如图 4 所示，其中，振荡器由 RC、LC、晶振或晶体所组成，用于产生精确的高频振荡信号；分频器把高频振荡信号处理成工频方波；K1 选择跟踪市电，进行市电过零检测，K1 也可以选择跟踪本机振荡器；分频器经 K1 连接到 OC 门，再经 K2 连接到电压给定发生器。当 K2 闭合时，本同步方波发生器参与输出；当 K2 前端发生故障时，K2 断开，本同步方波发生器不参与输出，可以屏蔽故障，因各个逆变器的同步方波发生器是经 OC 门线与后输出的，所以 K2 断开不会影响并联系统的工作；复位脉冲发生器用作复位分频器，以使本机振荡总是跟踪输出同步方波，使 K2 闭合后不至于影响系统同步方波的频率和相位。

本发明中，同步单元还可以通过跟踪市电或微处理器之间通信等办法，来实现电压给定信号的同步，并不限于图 3 所示框图中的同步方波发生器。

2、电压给定发生器

电压给定发生器的原理如图 5 所示，主要是产生指定频率、相位和幅值的纯净正弦波，并调节输出电压的有效值。

电压有效值给定是映射输出电压有效值的，上电后，电压有效值应从零开始缓慢上升至给定值，以实现逆变器的软启动；调节单元用于调节输出电压有效值，使其跟踪电压有效值给定，当逆变器由于某种原因导致输出电压有效值发生变化时，本调节环可以进行补偿，调节单元中的调节器可以是开关调节、P 调节、PI 调节或 PID 调节；鉴相器与正弦波发生器组成一个锁相环，使得正弦波发生器输出的正弦波同步于同步方波；正弦波发生器所产生的正弦波幅值与有效值调节输出相关，频率和相位与同步方

波相关；输出阻抗用于求各并联单元的平均值。当 K3 闭合时，电压给定发生器参与输出；当 K3 前端发生故障时，K3 断开以屏蔽故障，电压给定发生器不参与输出，因各个正弦波发生器的输出是经输出阻抗电路进行线性组合后作为所述电压调节单元的电压给定的，所以 K3 断开后系统仍然能正常工作。

本发明中，有效值调节的优选实施例电路如图 11 所示，有效值调节主要是补偿由于负载原因导致的输出电压下降，使系统输出电压有效值稳定在设计范围。这里用的是 PI 调节，但不限于 PI 调节。

3、电压调节单元

电压调节单元主要用于调节逆变输出电压失真度。如图 6 所示，其中的电压调节器电路形式多样，具体形式视系统需要定。当 K4 闭合时，电压调节单元参与输出；输出阻抗用于求各并联单元电压调节器输出电压的线性组合，求线性组合后可消除由于电压调节器输出的不一致引起的偏差。若 K4 前端发生故障，K4 断开可以屏蔽故障，因各个电压调节器电路的输出是经过输出阻抗进行线性组合的，所以系统仍然能正常工作。

电压调节单元的优选实施例电路如图 7 所示，这里的电压调节器为 PI 调节器，具体实施时还可以采用 P 调节，PID 调节等。输出电阻 R2 的主要作用在于取并联线性组合值，其形式可以有多样，可以是容性阻抗，也可以是感性阻抗，无论是哪种形式，其主要目的是当两个以上逆变器并联时，并联信号线上得到的结果是各个电压调节器输出的线性组合值。

在全部逆变器的电压调节单元中，电压线性组合电路将所有电压调节器电路所输出的电压进行线性组合后输出，设模块 j 的输出电压为

$V_{PI}(j)$, $j=1, 2, \dots, N$; 系数为 $K(j)$, 则可得线性组合后的输出电压为: $V_{PI_out} = \sum_{j=1}^N K(j) \cdot V_{PI}(j)$, 系数 $K(j)$ 可根据电路实际参数计算。

在图 8 和图 9 所示的两个实施例中, 有关系 $\sum_{j=1}^N \frac{V_{PI}(j) - V_{PI_out}}{R_j} = 0$, 变换后可得这里的 $K(j) = \frac{1}{R_j \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j}}$, 对于图 8, 因两个电压线性组合电路的输出电阻都是 1000Ω , 所以由电路可算出: $V_{PI_out} = 0.5 \cdot V_{PI1} + 0.5 \cdot V_{PI2}$ 。这是一种普通的平均方式, 相当于将两者相加后除以 2。

对于图 9, 因上面的电压线性组合电路中输出电阻为 1000Ω , 下面的电压线性组合电路中输出电阻为 10000Ω , 所以可算得 $V_{PI_out} = \frac{10}{11} \cdot V_{PI1} + \frac{1}{11} \cdot V_{PI2}$ 。

系数 $K(j)$ 取 $1/N$ 时是本方案的优选方案, 因为此时各并联模块物料完全一致, 有利于生产, 同时也有利于检测电压调节器的故障及更有效地消除各模块间的偏差。

在图 7 所示的电压调节单元中, PI 电压调节器和线性组合电路存在缺点: 两台 (以上) 逆变器并联时, 由于反馈的微小差异会使得两个 PI 电压调节器电路出现相反的饱和, 即一个正向饱和, 另一个负向饱和, 这样使得 PI 电压调节器调节能力减弱, 输出波形变差。为解决这一问题, 在图 7 中加入了饱和抑制电路, 它通过检测本 PI 电压调节器的输出与所有模块 PI 电压调节器输出的线性组合值之差, 从负端反馈给 PI 电压调节器, 从而抑制 PI 电压调节器与线性组合值之差, 达到抑制 PI 电压调节器异常饱和的缺点。

4、电流调节单元

电流调节单元的作用是改善各个逆变器均分负载特性。在具体实施时也可根据系统需要来决定是否采用该单元。电流环可以是P调节、PI调节、PID调节或电流滞环调节，视不同系统的需要而定。

本发明中，电流调节单元的优选实施例电路如图10所示，这里采用的是P调节，该环节主要用于均流，也有改善输出电压失真度的功能。

5、功率放大单元

功率放大单元的作用是把直流电源转换为交流电源输出，一般包括SPWM发生器、驱动电路、功率开关管及滤波器。其中SPWM发生器把给定正弦电压信号与高频三角波比较，产生一个高频SPWM波；驱动电路将该SPWM波用于驱动功率开关管，功率开关管经过交替开通，把直流电变换成一个放大SPWM波，该放大SPWM波通过滤波器去除载波后得到正弦交流电源。

由本发明的技术方案和具体实施例中可以看出，与现有技术方案相比，本发明具有以下优点：1) 理论上可以实现任意多的逆变器并联；2) 没有集中逻辑控制单元，不存在故障瓶颈问题；3) 所有并联模块作用完全相同，对等并联。

说明书附图

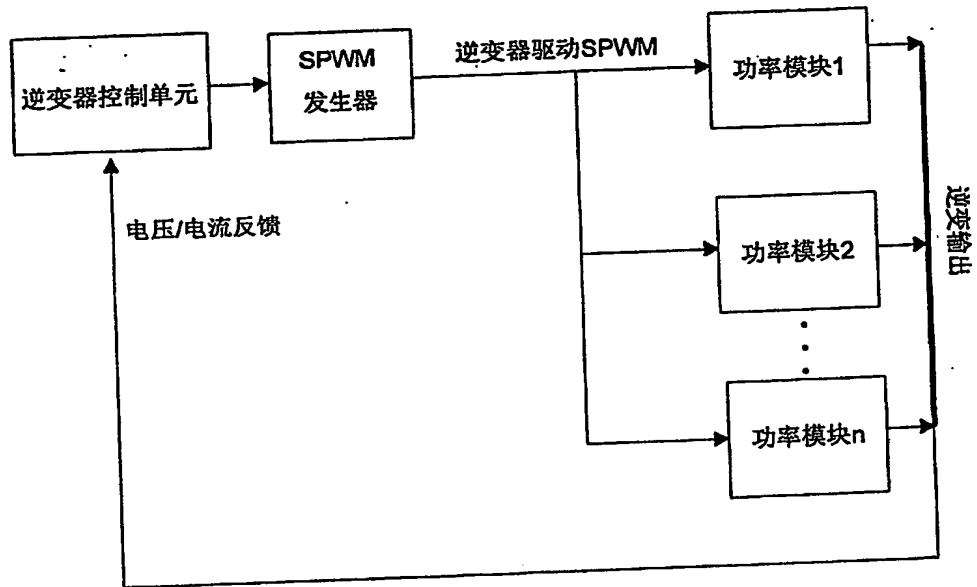


图1

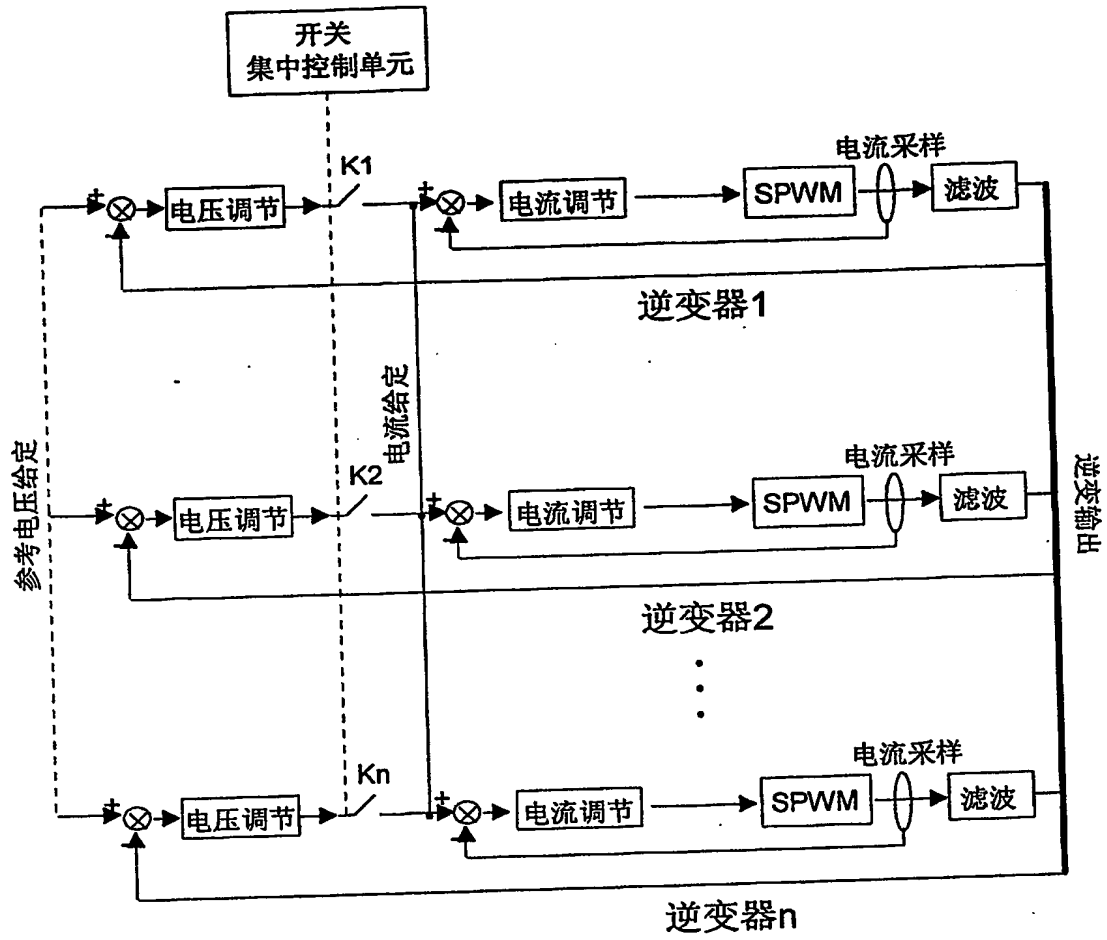


图2

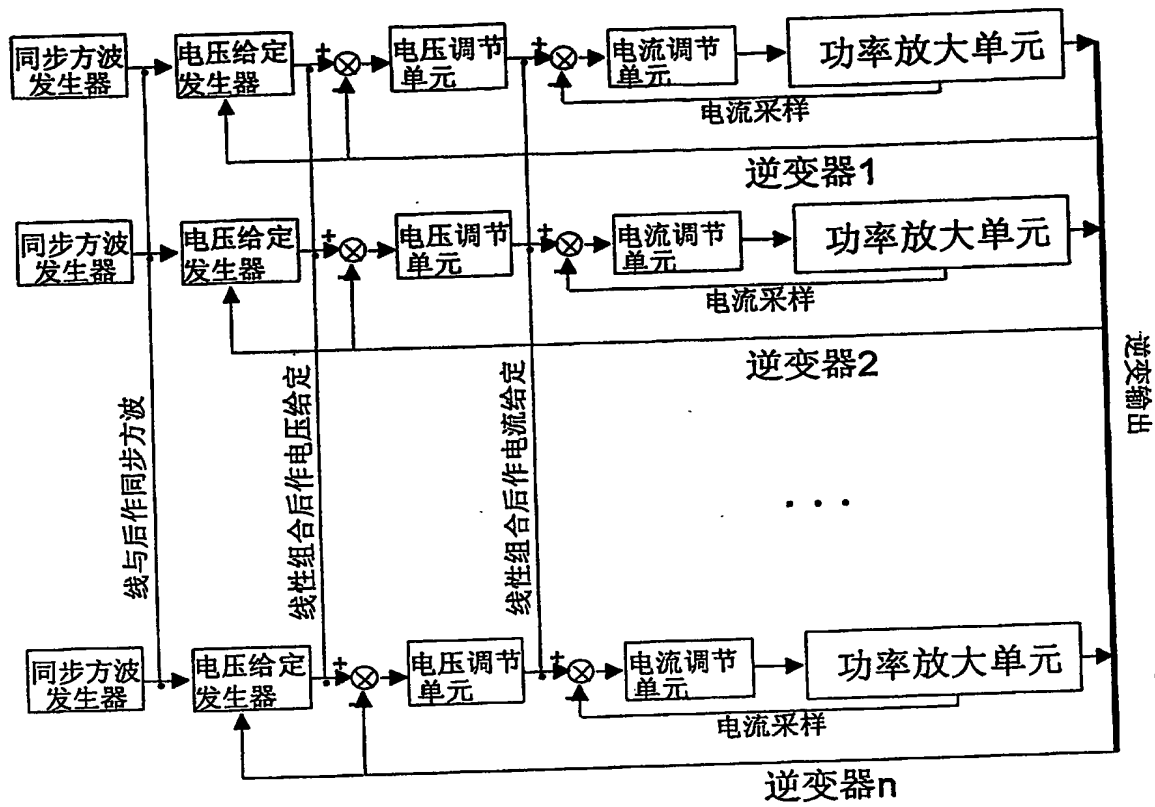


图3

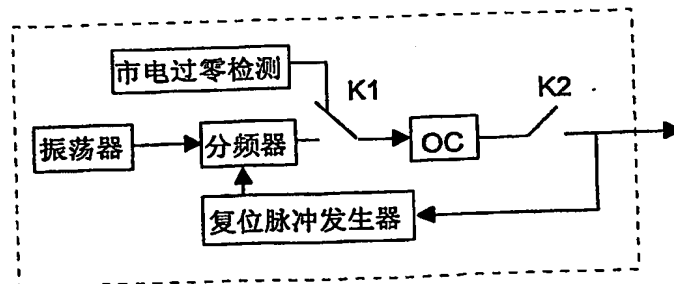


图4

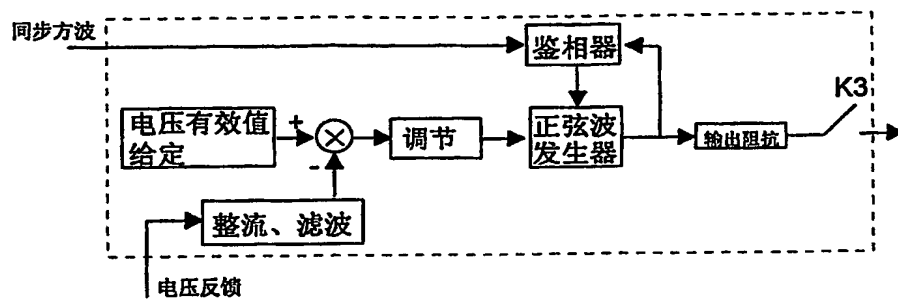


图5

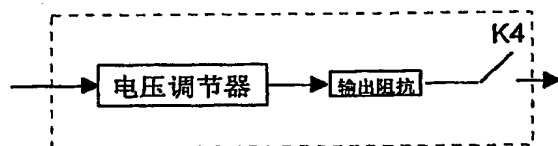


图6

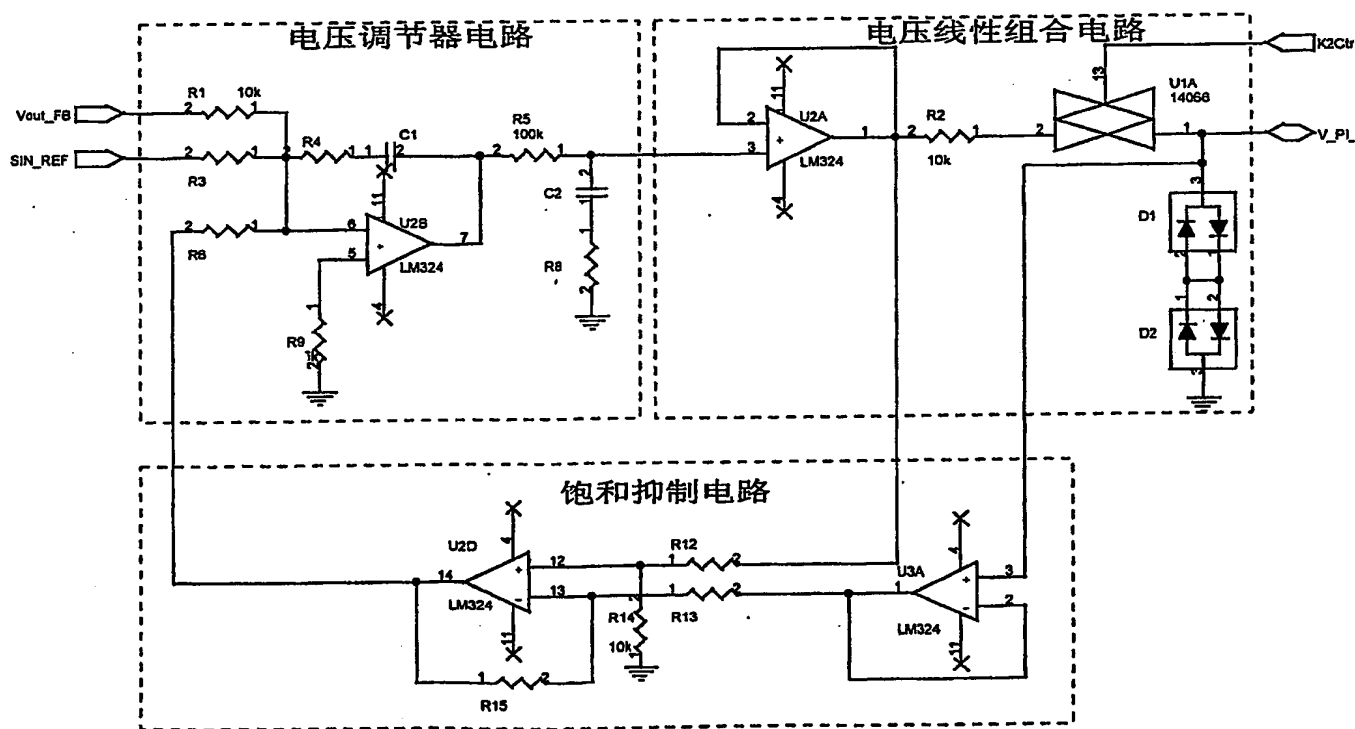


图7

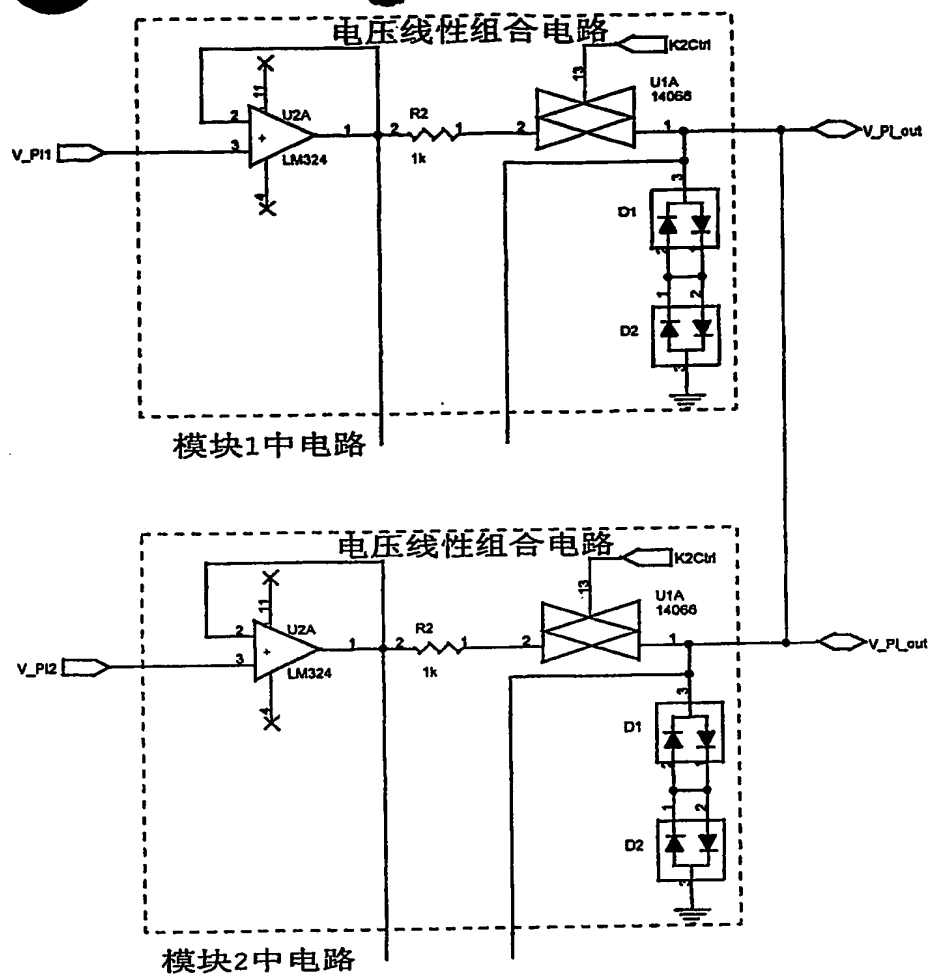


图8

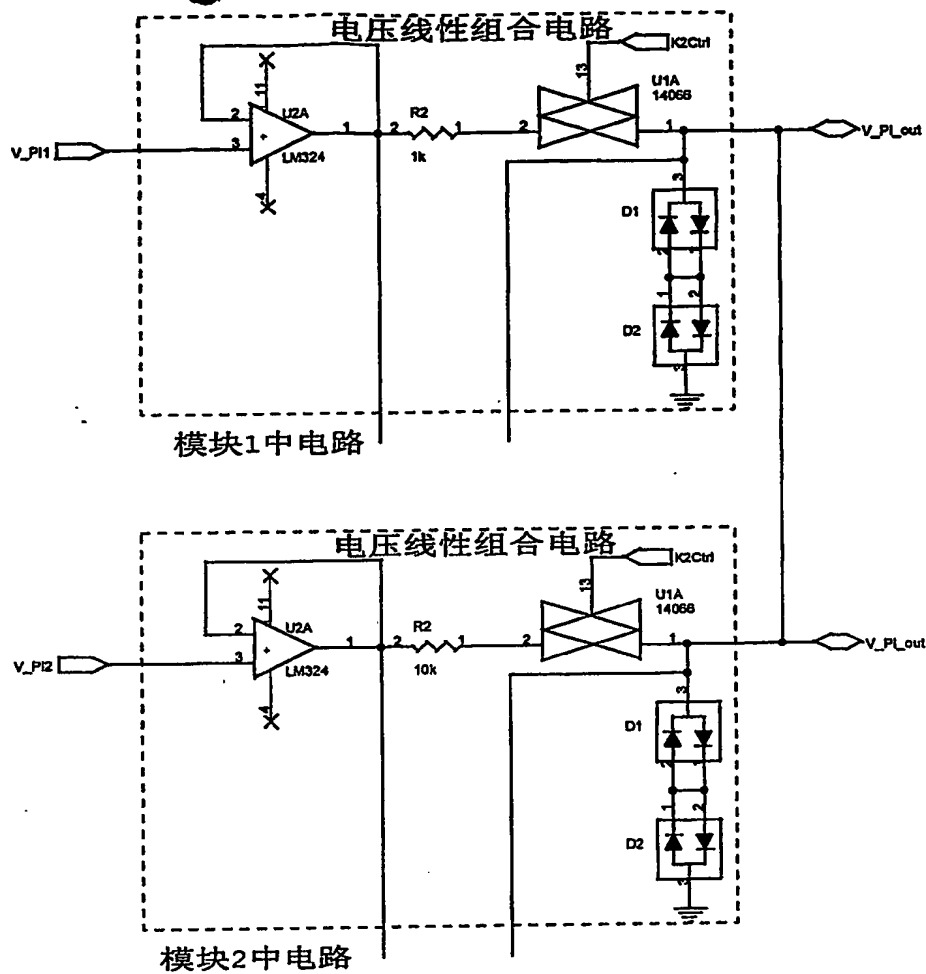


图9

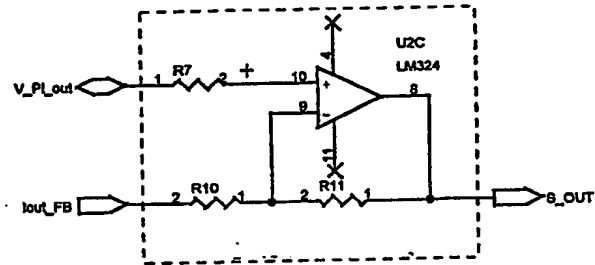


图10

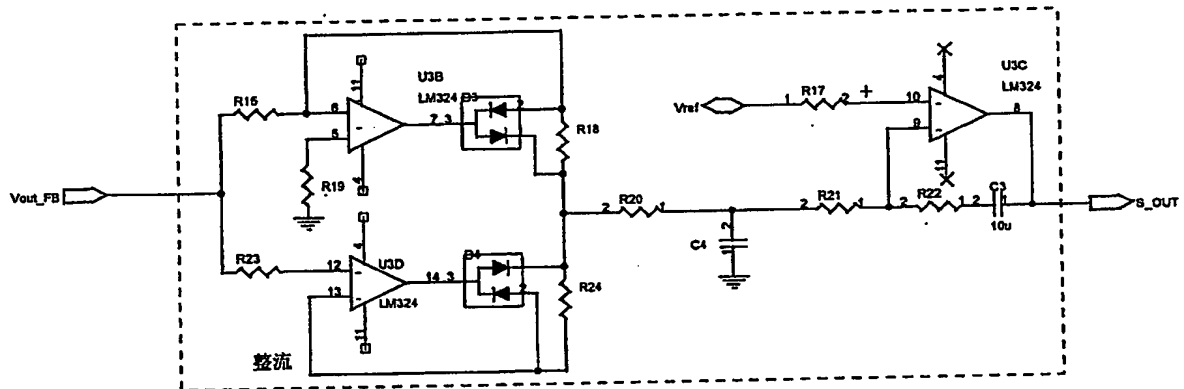


图 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.